

広島市内国道2号線の渋滞長制御への パラメータ最適化法の適用

藤井温子[†] 清水光^{††}

近年、自動車交通の発展に伴って交通量が増加し、朝夕のラッシュ時に主要幹線道路を中心に交通渋滞が日常的に発生している。交通渋滞は燃料消費や旅行時間の増加、環境負荷の増加などを招き、その対策が望まれている。本稿では、信号制御システムを非線形ダイナミックシステムで記述し、信号交差点の渋滞長の総和を最小にするパラメータ最適化問題について提案する。広島市内国道2号線の複数信号交差点を対象にしたシステム開発事例を通して、提案手法の有効性について述べる。

Application of a Parameter Optimization Method for Congestion Length Control along the Route 2 in Hiroshima City

Haruko Fujii[†] and Hikaru Shimizu^{††}

In recent years, along with the increase of the volume, the congestion has occurred along arterials during morning and evening rush hours in Japan. The congestion has caused the increase of the fuel consumption, travel time and environmental loads. In this paper, the signal control system is described by a nonlinear discrete dynamic system and proposed as the parameter optimization problem which minimizes the sum of congestion lengths at the signalized intersections. An example for the system development of the signal control system is considered along the route 2 in Hiroshima city.

1. はじめに

自動車交通は、ドア・ツ・ドアの輸送や時間の制約がない、快適な走行などの特長を有し、年間旅客輸送量は最も多い¹⁾。一方、交通量の増加と共に交通渋滞や交通事故、環境負荷の増加などの課題を有している。現在まで、交通流の円滑化や安全化、環境負荷の低減化に対する対策として、道路の整備や交通規制をはじめ、信号制御システム^{2)~4)}や動的経路誘導システム⁵⁾などが開発されてきた。

交通流の時間変動に対応して3つの信号制御パラメータを探索し、遅れ時間や停止回数などを最小にする信号制御システムは、上記の対策の中で、最も直接的で有効な手法であると考えられる。ここで、3つの信号制御パラメータとは、サイクル長、青信号スプリット、オフセットのことであり、以下のように定義される⁶⁾。サイクル長は信号表示によって与えられる現示が一巡する間の所要時間のことであり、青信号スプリットはサイクル長に対する青信号時間の比率を表し、オフセットは基準時点から各信号機の青信号開始時点のズレを絶対オフセット、隣接信号機間の青信号開始時点のズレを相対オフセットという。

現在までに、SCOOT²⁾やMODERATO³⁾、動的計画法⁴⁾などのようなオンライン信号制御システムが開発されてきた。SCOOTは遅れ時間を最小にするように3つの信号制御パラメータをオンラインで個別的に制御する方法である。我が国で使用されているMODERATOは、遅れ時間と停止回数を最小にするように3つの信号制御パラメータを個別的に探索するパターン選択法である。ファジィ論理と遺伝的アルゴリズムを使用した動的計画法による幹線道路の信号制御は、平均遅れ時間を減少させる分散制御法である。この制御法では、各現示における青信号スプリットを各段階での有限数の可能な制御動作を持った多段階制御問題として考察している。

これらの信号制御システムは、遅れ時間の減少などで一定の効果のあることが確認されているが、パラメータ探索の統一性や精度、評価関数などについて課題が残されているものと思われる。

本稿では、道路形状や交通流にかかわらず、一貫性をもって記述できる信号制御システムのパラメータ最適化法を、広島市内国道2号線の渋滞長制御に適用する問題について考察する。最初に、信号制御システムを車線単位、サイクル長単位の交通量収支に基づき非線形ダイナミックシステムで記述し、フィードバック制御を用いて構成する。次に、幹線道路の渋滞長の総和を最小にする3つの信号制御パラメータの最適化問題について提案する。最後に、広島市内国道2号線の複数信号交差点を対象に信

[†] 弓削商船高等専門学校
Yuge National College of Maritime Technology

^{††} 福山大学
Fukuyama University

号制御システムのシミュレーションを行い、その結果について考察する。

2. 信号制御システム

2.1 システムの記述

図1に示される二方向交通幹線道路の流入路の各車線において、ある時間 ΔT （ここではサイクル長に等しい）で以下の交通量収支が成立する。

$$x_e(j, m, k) = x_e(j, m, k-1) + x_i(j, m, k) - x_o(j, m, k) \quad (1)$$

$$\begin{cases} x_o(j, m, k) = \xi(j, m, k) \cdot \psi_x(j, m, k) \\ x_e(j, m, k) \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 j は信号交差点の位置、 m は車の流入路（ $m=1$ は東行き、 $m=2$ は南行き、 $m=3$ は北行き、 $m=4$ は西行き）、 $k = k \cdot \Delta T$ （ $k=1, 2, \dots, k_f$ ）は時刻をそれぞれ表す。また、 $x_e(j, m, k)$ 、 $x_i(j, m, k)$ 、 $x_o(j, m, k)$ はそれぞれ超過流入交通量、流入交通量、捌け交通量を表し、 $\psi_x(j, m, k)$ は各流入路の交通処理量、 $\xi(j, m, k)$ はある交通流のもとで $x_o(j, m, k)$ を $\psi_x(j, m, k)$ で除した比率で捌け率と呼ぶことにする。捌け交通量をある交通流のもとで3つの信号制御パラメータで制御できると仮定して制御入力 $u(j, m, k)$ で置き換えると、渋滞長の信号制御システムは次式の非線形ダイナミックシステムで記述される。

$$\begin{cases} x_e(j, m, k) = x_e(j, m, k-1) + x_i(j, m, k) - u(j, m, k) \\ y_c(j, m, k) = l_m(j, m, k) \cdot x_e(j, m, k) \end{cases} \quad (3)$$

渋滞長 $y_c(j, m, k)$ は状態変数 $x_e(j, m, k)$ に変換係数 $l_m(j, m, k)$ を乗じて求められる。

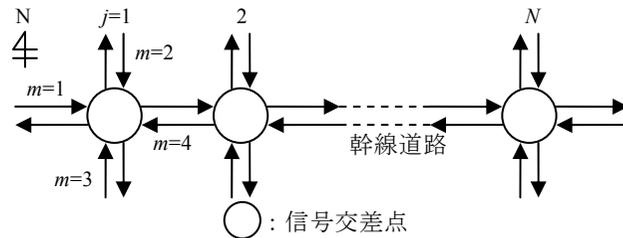


図1 二方向交通幹線道路

ここで、変換係数 $l_m(j, m, k)$ は待ち車列の平均車頭間隔に相当する。制御入力 $u(j, m, k)$ は(2)式によって決定され、飽和特性を有する。

信号制御システムで、基準入力に許容渋滞長 $l_r(j, m, k)$ を、制御入力に3つの信号制御パラメータを、出力に渋滞長をそれぞれ対応させる。その時、各信号交差点における渋滞長のフィードバック制御システムが図2で構成される。制御システムにおいて、制御偏差 $e(j, m, k)$ を次式で定義する。

$$e(j, m, k) \triangleq l_r(j, m, k) - y_c(j, m, k) \quad (4)$$

各信号交差点の各流入路における飽和度は一般に一樣ではなく、飽和度が最大となる流入路を優先的に制御する考えより、以下の関数 $g(j, m, k)$ を定義する。二方向交通幹線道路の渋滞長制御システムの目的は、次式の評価関数 $J_a(k)$ を最小にする制御入力 $u(j, m, k)$ である3つの信号制御パラメータを統一的に探索することである。

$$g(j, m, k) \triangleq \begin{cases} 0 & e(j, m, k) \geq 0 \\ |e(j, m, k)| & e(j, m, k) < 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$J_a(k) = \sum_{j=1}^N \sum_{m=1}^4 g(j, m, k) \quad (6)$$

(3)式で記述される信号制御システムは、車線単位、サイクル長単位の交通量収支に基づいており、渋滞流や非渋滞流にかかわらず、また、単独信号交差点や幹線道路、都市道路網にかかわらず成立する。

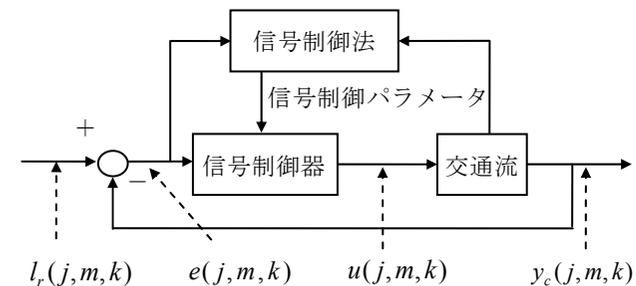


図2 各信号交差点における渋滞長のフィードバック制御システム

2.2 システム構成

幹線道路の信号制御システムでは、図3に示されるように車両感知器よりリンク走行速度や待ち車列長、交通量をコンピュータにオンライン入力し、3章で記述される信号制御法を用いて3つの信号制御パラメータの最適値を探索し、それらを用いて信号機の現示をリアルタイムで制御する。また、主要信号交差点の渋滞長を可変表示板に出力し、一般のドライバーに供する。

3. 信号制御法

信号制御システムの目的は、車線単位、サイクル長単位の交通量の変動に応じて、信号交差点の流入路における渋滞長の総和を最小にするように3つの信号制御パラメータを統一的に探索することである。ここでは、単独信号交差点と幹線道路における信号制御法についてパラメータ最適化の観点から考察する。

3.1 単独信号交差点

幹線道路の基本的な構成要素である単独信号交差点における渋滞長制御法としてバランス制御アルゴリズムを使用する⁷⁾。バランス制御アルゴリズムでは、信号交差点において互いに交差する流入路の制御偏差の最大値を等しくし、かつ、次式の評価関数 $J_s(k)$ を最小にするようにサイクル長と青信号スプリットの2つの信号制御パラメータを統一的、逐次的に探索する。

$$J_s(k) = \sum_{m=1}^4 g(m, k) \quad (7)$$

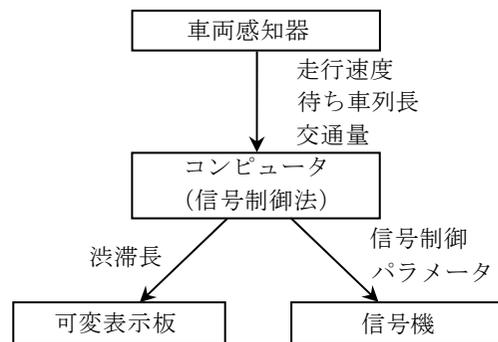


図3 信号制御システムの構成

バランス制御アルゴリズムの計算手順を示すと、以下のようになる。

- Step 1. 各信号交差点における現示と信号制御パラメータ（サイクル長、青信号スプリット）の初期値や上下限值、きざみ幅、ならびに捌け率 $\xi(m, k)$ や、変換係数 $l_m(m, k)$ 、閾値 ε などを設定する。 $m=1$ から順に以下の計算を行う。
- Step 2. 時間区間 ΔT をサイクル長 $c_y^{(n)}(m, k)$ に等しく設定し、各車線の流入交通量をそれぞれ入力する。ここで、上付添字 (n) は繰り返し計算回数を表す。
- Step 3. 渋滞時の流入交通量を車線単位で再計算する。

$$\begin{cases} x_{il}^{(n)}(m, k) = x_{il}^{(n)}(m, k) + x_{el}(m, k - 1) \\ x_{is}^{(n)}(m, k) = x_{is}^{(n)}(m, k) + x_{es}(m, k - 1) \\ x_{ir}^{(n)}(m, k) = x_{ir}^{(n)}(m, k) + x_{er}(m, k - 1) \\ x_{isl}^{(n)}(m, k) = x_{isl}^{(n)}(m, k) + x_{esl}(m, k - 1) \end{cases} \quad (8)$$

ここで、 $x_{il}^{(n)}(m, k)$ 、 $x_{is}^{(n)}(m, k)$ 、 $x_{ir}^{(n)}(m, k)$ 、 $x_{isl}^{(n)}(m, k)$ はそれぞれ左折、直進、右折、直左車線の渋滞時の流入交通量を表し、 $x_{el}(m, k - 1)$ 、 $x_{es}(m, k - 1)$ 、 $x_{er}(m, k - 1)$ 、 $x_{esl}(m, k - 1)$ は、それぞれ左折、直進、右折、直左車線の超過流入交通量を表す。

- Step 4. 信号交差点の各流入路の交通処理量 $\psi_x^{(n)}(m, k)$ を車線単位で求める。

$$\psi_{xs}^{(n)}(m, k) = r_{gs}^{(n)}(m, k) \cdot c_{xs}(m, k) \quad (9)$$

ここで、 $c_{xs}(m, k)$ は直進車線の交通容量を表し、 $r_{gs}^{(n)}(m, k)$ は直進車線の青信号スプリットを表す。また、他の車線の交通処理量についても同様に求められる。

- Step 5. 各車線の青信号時間をサイクル長と青信号スプリットの積より算定する。
- Step 6. 超過流入交通量 $x_e^{(n)}(m, k)$ を車線単位の交通量収支に基づいて算定する。

$$x_{es}^{(n)}(m, k) = x_{is}^{(n)}(m, k) - x_{os}^{(n)}(m, k) \quad (10)$$

$$\begin{cases} x_{os}^{(n)}(m, k) = \xi(m, k) \cdot \psi_{xs}(m, k) \\ x_{es}^{(n)}(m, k) \geq 0 \end{cases} \quad (11)$$

ここで、 $x_{os}^{(n)}(m, k)$ は直進車線の捌け交通量を表す。他の車線の超過流入交通量も同様に算定される。

- Step 7. 各車線の渋滞長 $y_c^{(n)}(m, k)$ を、変換係数 $l_m(m, k)$ を用いて算定する。

$$y_{cs}^{(n)}(m, k) = l_m(m, k) \cdot x_{cs}^{(n)}(m, k) \quad (12)$$

ここで、 $y_{cs}^{(n)}(m, k)$ は直進車線の渋滞長を表す。他の車線の渋滞長も同様に算定される。

Step 8. 各信号交差点における信号制御パラメータの関係式に基づいて、全流入路の青信号スプリットや青信号時間などを車線単位で算定する。

Step 9. もし、次の条件

$$\max \{ |e^{(\kappa)}(1, k)|, |e^{(\omega)}(2, k)|, |e^{(\mu)}(3, k)|, |e^{(\lambda)}(4, k)| \} \leq \varepsilon \quad (13)$$

$\varepsilon > 0$

を満足すれば、得られたサイクル長と青信号スプリットを最適値として探索を終了する。ここで上付添字 $(\kappa), (\omega), (\mu), (\lambda)$ は、各流入路に対する繰り返し計算回数を表す。

Step10. 一方、次の条件

$$\max \{ |e^{(\kappa)}(1, k)|, |e^{(\omega)}(2, k)|, |e^{(\mu)}(3, k)|, |e^{(\lambda)}(4, k)| \} > \varepsilon \quad (14)$$

$\varepsilon > 0$

が成立すれば、制御偏差 $e(m, k)$ が最大となった車線において、青信号スプリットを次式によってきざみ幅 $\Delta r_{gl}(m)$ 、 $\Delta r_{gs}(m)$ 、 $\Delta r_{gr}(m)$ 、 $\Delta r_{gsl}(m)$ だけそれぞれ微小増加させる。

$$\begin{cases} r_{gl}^{(n+1)}(m, k) = r_{gl}^{(n)}(m, k) + \Delta r_{gl}(m) \\ r_{gs}^{(n+1)}(m, k) = r_{gs}^{(n)}(m, k) + \Delta r_{gs}(m) \\ r_{gr}^{(n+1)}(m, k) = r_{gr}^{(n)}(m, k) + \Delta r_{gr}(m) \\ r_{gsl}^{(n+1)}(m, k) = r_{gsl}^{(n)}(m, k) + \Delta r_{gsl}(m) \end{cases} \quad (15)$$

もし、 $r_{gl}^{(n+1)}(m, k) > r_{gl, \max}$ 、 $r_{gs}^{(n+1)}(m, k) > r_{gs, \max}$ 、 $r_{gr}^{(n+1)}(m, k) > r_{gr, \max}$ 、 $r_{gsl}^{(n+1)}(m, k) > r_{gsl, \max}$ のいずれかが成立すれば Step11 へ進み、そうでなければ Step4 へ戻る。ここで、 $r_{gl, \max}$ 、 $r_{gs, \max}$ 、 $r_{gr, \max}$ 、 $r_{gsl, \max}$ はそれぞれ左折、直進、右折、直左車線の青信号スプリットの上限值を表す。

Step11. サイクル長を、次式によってきざみ幅 $\Delta c_y(m)$ だけ微小増加させる。

$$c_y^{(n+1)}(m, k) = c_y^{(n)}(m, k) + \Delta c_y(m) \quad (16)$$

もし、 $c_y^{(n+1)}(m, k) > c_{y, \max}$ が成立すれば探索を終了し、 $c_y^{(n+1)}(m, k) \leq c_{y, \max}$ が

成立すれば Step2 へ戻る。ここで $c_{y, \max}$ はサイクル長の上限值を表す。

このバランス制御アルゴリズムでは、パラメータ探索が初期時刻 $k=1$ から最終時刻 $k=k_f$ まで逐次実行され、青信号スプリットとサイクル長の値は下限値より出発し、(13)式の条件が満足されるまで(15)式と(16)式によって修正される。

3.2 幹線道路

幹線道路における信号制御法は、単独信号交差点におけるバランス制御アルゴリズムを幹線道路方向のオフセット制御に関して拡張することにより記述される。幹線道路のバランス制御アルゴリズムでは、信号交差点において互いに交差する流入路の制御偏差の最大値を等しくし、かつ、評価関数 $J_a(k)$ を最小にするように3つの信号制御パラメータを統一的、逐次的に探索する。

幹線道路におけるバランス制御アルゴリズムの Step1 から Step11 までの計算手順は、添字 j が追加されることを除いて単独信号交差点の場合に一致する。幹線道路方向のオフセットは以下の Step12 を用いて探索する。

Step12. 探索されたサイクル長と青信号スプリットの最適値を用いて、幹線道路の連続通過帯幅を最大にする平等オフセットが Fieser の方法⁸⁾により探索される。

このバランス制御アルゴリズムでは、パラメータ探索が初期時刻 $k=1$ から最終時刻 $k=k_f$ まで、 $j=1$ から $j=N$ までの全信号交差点について逐次実行される。また、青信号

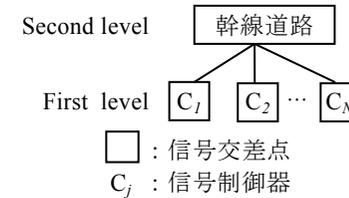


図4 バランス制御アルゴリズムの階層構造

表1 バランス制御アルゴリズムの評価関数

Level	評価関数
First level	Minimize $J_a(k)$ c_y, r_g, t_{off}
Second level	Minimize $J_a(k)$ r_g, t_{off}

スプリットとサイクル長の値は下限値より出発し、(13)式の条件が満足されるまで(15)式と(16)式によって修正される。Step1 から Step12 で構成されるバランス制御アルゴリズムは、図4と表1に示されるように階層構造で表される。First level では、3つの信号制御パラメータが評価関数 $J_a(k)$ を最小にするように探索され、 N 個の信号交差点におけるサイクル長の最大値が全ての信号交差点に共通に設定される。Second level では、残り2つの信号制御パラメータである各信号交差点の青信号スプリットとオフセットが評価関数 $J_a(k)$ を最小にするように探索される。

4. システム開発

幹線道路の交通流の円滑化と安全化を交通流ダイナミクスの制御の観点から実現す

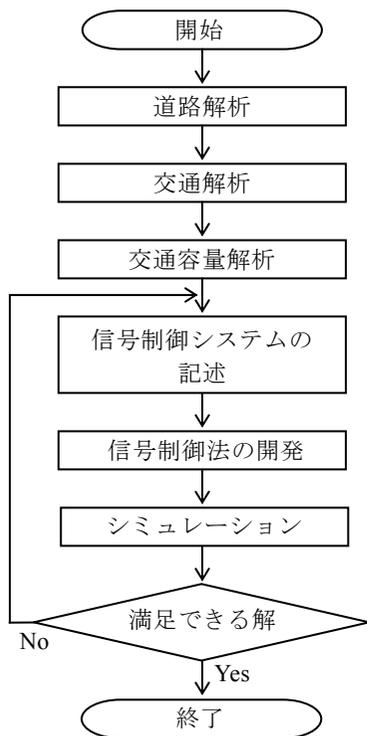


図5 信号制御システムの開発手順

る確定的信号制御システムの開発は、幹線道路の道路条件や交通条件が与えられていると仮定すると、図5に示される手順で行われる。

最初に、道路解析では、交通容量解析や信号制御に必要な幹線道路の各リンクのリンク長や車線数、車線幅員、側方余裕、設計速度、交通規制などをはじめ、各信号交差点の交差形状や車線構成などについて調査する。交通解析では、交通量収支や交通容量を解析するために必要な信号交差点の各流入路における流入交通量や待ち車列台数、大型車混入率、路線バスの運行頻度、捌け交通量、左折率などについて調査する。交通容量解析では、車線幅員、側方余裕、大型車混入率などの補正率を用いて、交通容量を算出する。信号制御システムの記述では、交通流ダイナミクスの表現や制御システムの構成、評価関数などについて決定する。信号制御法の開発では、幹線道路の各信号交差点における渋滞長の総和を最小にする3つの信号制御パラメータを統一的に探索する計算手順を求める。シミュレーションでは、対象とする幹線道路の道路条件や交通条件をはじめ、信号制御パラメータの上下限値やきざみ幅、初期値などを入力し、シミュレーションプログラムを用いて3つの信号制御パラメータの最適値や各流入路の渋滞長などを求める。最後に、求められた解が妥当で満足できるものであればシミュレーションは終了し、そうでなければ信号制御システムの記述に戻って再検討する。

5. 開発事例

広島市内国道2号線における渋滞長の信号制御システムを、図5で示される信号制御システムの開発手順に従って開発した。広島市内国道2号線における渋滞長制御のシミュレーションは、(3)式の信号制御システムに基づき、渋滞長のバランス制御アルゴリズムを用いて夕方のラッシュ時に行った。研究の対象となる広島市内幹線道路は

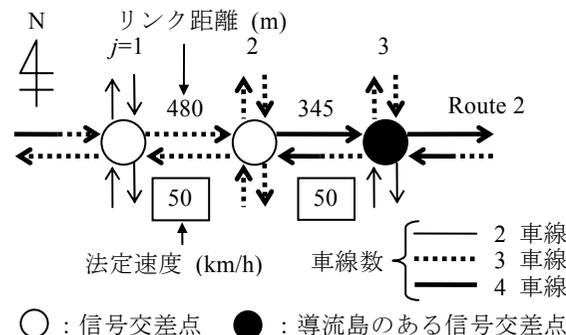


図6 3つの信号交差点から構成される広島市内幹線道路

図6で示され、信号交差点名は $j=1$ が住吉町、 $j=2$ が広島市役所前、 $j=3$ が国泰寺となっている。国道2号線の車線数は3~4車線で、法定速度は50km/hとなっている。国泰寺信号交差点では2号線と交差する流入路で導流島が設置されている。各信号交差点の道路条件や交通条件の調査データをシミュレーションの入力データとして使用した。流入交通量や捌け交通量、超過流入交通量などは車線単位、サイクル長単位で測定した。

ここでは、渋滞長が最も大きかった国泰寺信号交差点の西行き流入路におけるシミュレーション結果を中心に述べる。この信号交差点の車線構成と現示を示すと図7のようになる。西行き流入路は、左折1車線、直左1車線、直進2車線の合計4車線から構成されている。現示数は 1ϕ 、 2ϕ 、 3ϕ の3現示から構成される。現示とは、信号表示によって通行権を与える、或る交通流あるいは交通流の組み合わせと定義される⁶⁾。実線は車に対する現示で、破線は歩行者に対する現示をそれぞれ表している。 1ϕ

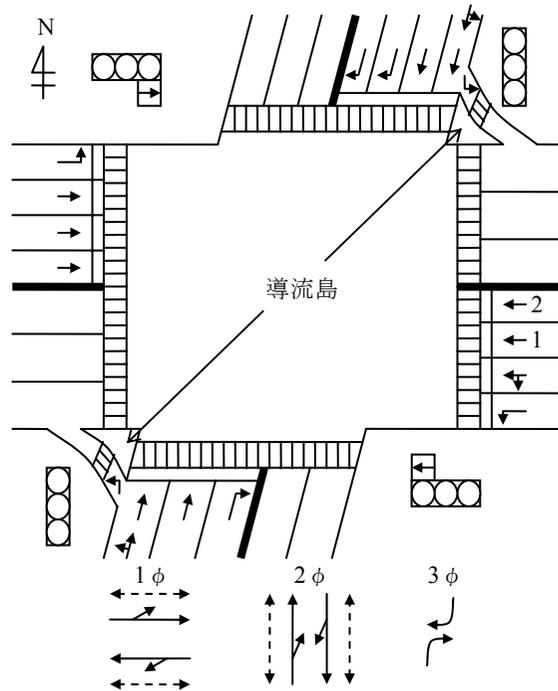


図7 国泰寺信号交差点の車線構成と現示

で東西方向の直進と左折の通行が認められており、 2ϕ では南北方向の直進と右折の通行が、 3ϕ では南北方向の右折の通行がそれぞれ認められている。導流島では、他の通行を妨げなければいずれの現示においても左折の通行が認められている。

この信号交差点の西行き流入路における流入交通量の変動を車線別に示すと図8のようになる。18時30分すぎに直進車線2の流入交通量が急激に増加している。

サイクル長は、現示が一巡する間の所要時間で、一つの信号交差点のいずれの流入路においても等しい。 $j=3$ の信号交差点においてサイクル長の測定値とシミュレーション値を比較すると図9のようになる。測定値は全般的に160秒付近で小さく変動し

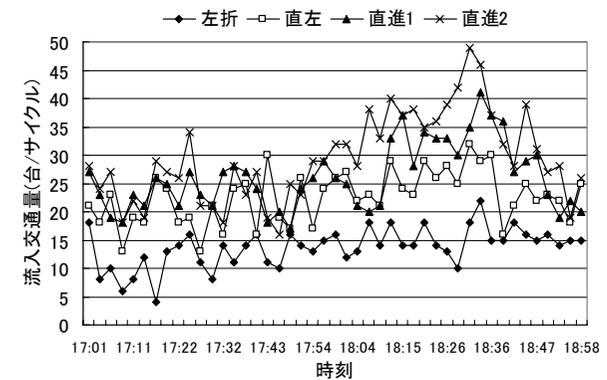


図8 $j=3$ の信号交差点の西行き流入路における流入交通量

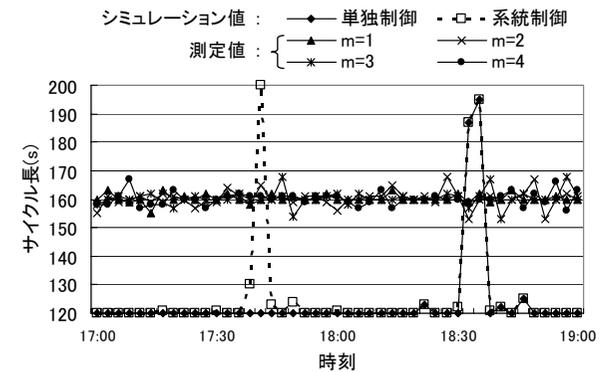


図9 $j=3$ の信号交差点におけるサイクル長のシミュレーション値と測定値の比較

ている。それに対して、シミュレーション値は、単独制御で18時30分すぎに流入交通量の急激な増加に対応して最大195秒に制御されている。ここで、単独制御とは、 $j=3$ の信号交差点に3.1節で述べたバランス制御アルゴリズムを適用することを意味する。また、系統制御では、17時40分ごろと18時30分すぎの2回にわたって急激に増加している。これは、系統制御では、3.2節で述べたように幹線道路を構成する全ての信号交差点のサイクル長の最大値を、共通に使用するからである。したがって17

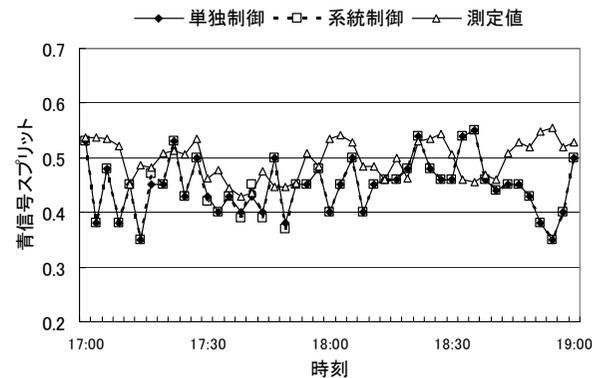


図 10 $j=3$ の信号交差点の西行き流入路における直進車線の青信号スプリットのシミュレーション値と測定値の比較

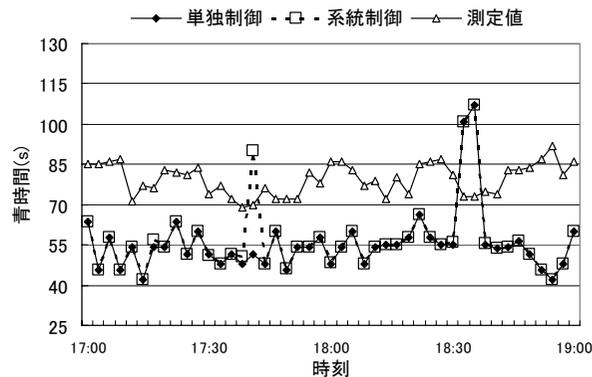


図 11 $j=3$ の信号交差点の西行き流入路における直進車線の青信号時間のシミュレーション値と測定値の比較

時40分ごろのピーク値は、隣接する $j=2$ の信号交差点のサイクル長の値が表れている。

青信号スプリットは、青信号時間をサイクル長で除した値で、一つの信号交差点において流入路ごとに異なる。直進車線における青信号スプリットの測定値とシミュレーション値を比較すると図10のようになる。測定値が0.43から0.55の間で制御されているのに対して、シミュレーション値は0.35から0.55と流入交通量の変動に対応してより広範囲に制御されている。単独制御と系統制御の青信号スプリット値は、ほぼ類似している。

青信号時間は、サイクル長と青信号スプリットの積で求められ、信号交差点の交通処理量に関係する。直進車線における青信号時間の測定値とシミュレーション値を比較すると図11のようになる。測定値が69秒から92秒の範囲で制御されているのに対し、シミュレーション値は42秒から107秒と流入交通量の変動に対応してより広範囲に制御されている。単独制御と系統制御の違いは、サイクル長の比較で述べたように17時40分ごろに1回表れている。

複数の信号交差点を青信号で連続して通過できるように制御するオフセット値を、3つの信号交差点について示すと図12のようになる。これは、Fieserの方法により探索した平等オフセットで、18時33分に連続通過帯幅の最大値42.1秒が得られた。

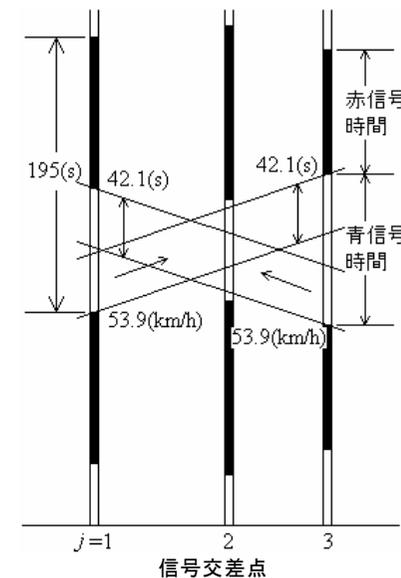


図 12 各信号交差点における直進車の平等オフセット

以上のように、提案した信号制御システムと信号制御法を用いて3つの信号制御パラメータを信号交差点の渋滞長の総和が最小になるように統一的に探索した。その結果、流入交通量の変動に対応して3つの信号制御パラメータが系統的に制御され、図13に示されるように国泰寺信号交差点の西行き流入路における渋滞が解消された。また、図14に示されるように、全ての信号交差点の全ての流入路において渋滞長を0mに制御することができた。

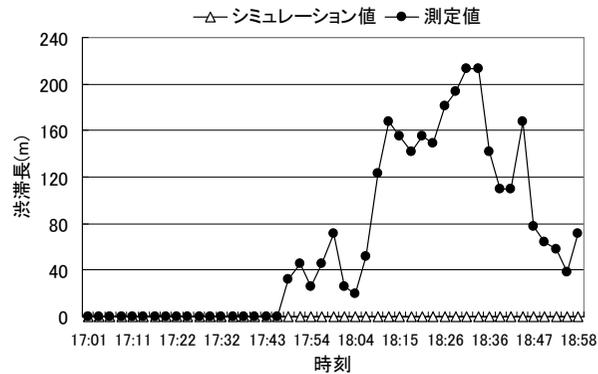


図13 j=3の信号交差点の西行き流入路における直進車線の渋滞長のシミュレーション値と測定値の比較

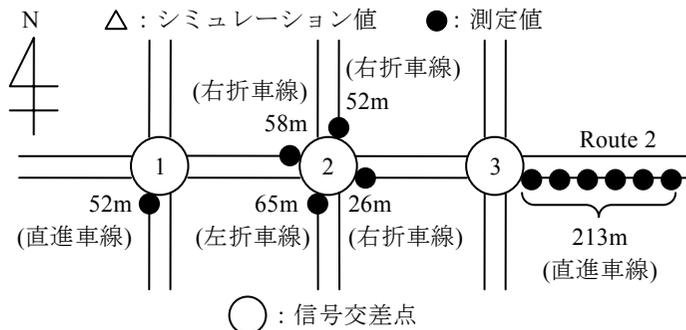


図14 広島市内幹線道路における渋滞長のシミュレーション値と測定値の比較

6. まとめ

本稿では、交通流の円滑化と安全化をリアルタイムで実現する信号制御システムについて、交通流ダイナミクスの制御の観点から提案した。

主な研究結果を要約すると以下ようになる。

- i) 信号制御システムの記述は、単独信号交差点や幹線道路などの道路形状や、渋滞流や非渋滞流などの交通流に関して一貫性を有している。
- ii) 幹線道路のバランス制御アルゴリズムは、単独信号交差点のバランス制御アルゴリズムに幹線道路方向のオフセット制御を付加することにより、容易に拡張することができる。
- iii) 道路解析にはじまり、交通解析や交通容量解析を経て、シミュレーションに至る信号制御システムの開発手順を示した。
- iv) 現実の広島市内国道2号線におけるシミュレーション結果と測定値の比較より、提案した信号制御システムと信号制御法の有効性を示すことができた。

今後の課題は、対象とする信号交差点や幹線道路の数を増やし、提案手法の有効性を確認することであると思われる。

参考文献

- 1) 国土交通省: 国土交通白書 2008, p.258 (2008).
- 2) P. B. Hunt., D. I. Robertson, R. D. Bretherton and R. I. Winton: SCOOT – A Traffic Responsive Method of Coordinating Signals, TRRL Laboratory Report 1014 (1981).
- 3) K. Hayashi and M. Sugimoto: Signal Control System (MODERATO) in Japan, Proc. of IEEE/ IEEJ/ JSAI International Conference on Intelligent Transportation Systems, pp.988-992 (1999).
- 4) T. H. Heung, T. K. Ho and Y. F. Fung: Coordinated Road-Junction Traffic Control by Dynamic Programming, IEEE Trans. ITS-6, pp.341-350 (2005).
- 5) 天目, 山口: 道路網の動的経路誘導システム, 計測と制御, 41-3, pp.211-216 (2002).
- 6) 交通工学用語辞典, 技術書院 (1984).
- 7) 清水, 真柴, 傍田, 小林: 幹線道路の渋滞長制御, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.7, pp.1876-1884 (2001).
- 8) 塙克郎: 交通信号, 技術書院, pp.56-67 (1966).